



UNIVERSIDAD  
**COMPLUTENSE**  
MADRID

Proyecto de Innovación

Convocatoria 2016/2017

Nº de proyecto: 72

Título: "Métodos de aprendizaje colaborativos, creativos e interdisciplinarios en  
petrología"

Responsable: Carlos Rossi Nieto

Facultad de CC Geológicas

Departamento de Petrología y Geoquímica

## **1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto**

1. Desarrollar un método de aprendizaje integral en ciencia experimental, aplicado concretamente a una asignatura de Petrología del grado en Geología de la UCM.
2. Aumentar la motivación tanto de estudiantes como de profesores, haciendo que las clases teóricas y prácticas dejen de ser una tarea obligatoria para convertirse en una necesidad agradable para todos los implicados.
3. Proporcionar a los alumnos una experiencia positiva de aprendizaje colaborativo y responsable.
4. Integrar asignaturas y disciplinas como método para resolver problemas científicos concretos.
5. Iniciación a los métodos de las ciencias experimentales a través de casos reales. Iniciación a la investigación original como herramienta de aprendizaje, incluyendo el análisis crítico de literatura científica seleccionada.
6. Reforzamiento del papel del profesorado en la coordinación del trabajo de los alumnos, el control de calidad de los datos generados, el planteamiento de problemas y retos, y la orientación en la forma de resolverlos.
7. Desarrollo y mejora de la capacidad de comunicación escrita y oral de los estudiantes a través de un trabajo propio original, lo que en principio debería ser más motivante que un trabajo basado exclusivamente en síntesis bibliográfica.
8. Fomentar la originalidad y el respeto al trabajo de los demás. Contribuir a percibir el plagio como una práctica totalmente inaceptable. Fomentar el autoaprendizaje mediante la lectura de literatura en inglés enfocada a resolver un problema definido sobre unas rocas concretas recogidas y analizadas por los propios alumnos. Tomar conciencia de algunas aplicaciones prácticas profesionales de la materia cursada.
9. Destacar la importancia y validez de las técnicas básicas en la petrología (campo y petrografía) para plantear y resolver, al menos parcialmente, una serie de problemas en el campo de la petrología. Por otra parte, estas técnicas son las comunes (y a veces las únicas) en los trabajos de geología en el mundo profesional.

## **2. Objetivos alcanzados**

Los objetivos propuestos se han alcanzado en gran medida gracias a la implementación de 20 trabajos temáticos centrados en un aspecto interpretativo concreto relacionado con las muestras recogidas en las salidas de campo (con la colaboración de profesores de diferentes disciplinas y facultades). La mera implementación de estos trabajos cubrió con creces el objetivo 1. El objetivo 2, relacionado con la motivación, también se cubrió ampliamente: los estudiantes se tomaron muy en serio los trabajos, en parte porque usaron métodos de muestreo muy atractivos (perforación in situ de testigos de roca orientados, usando técnicas paleomagnéticas: ver anexos), y en parte porque ellos mismos analizaron las muestras con técnicas normalmente reservadas a investigación (impregnación de la porosidad en cámara de vacío y presión, obtención de láminas delgadas de alta calidad, tinciones minerales selectivas, separación de minerales usando líquidos densos y separador magnético, difracción de rayos X, medida de la remanencia magnética por campos alternos decrecientes y por métodos térmicos, etc.). Otro factor que contribuyó a

incrementar la motivación, y que también obedece al objetivo 3, es el hecho de que los trabajos guardaban mucha relación unos con otros: para que una pareja pudiera realizar su trabajo, normalmente necesitaba la colaboración o los datos de otra pareja o parejas, que se ocupaban de un tema relacionado. Tejer estas relaciones entre trabajos ha sido de hecho una de las tareas más difíciles y laboriosas del profesor.

El objetivo 4 se alcanzó gracias a la colaboración de los profesores Vicente Carlos Ruiz Martínez (Facultad de CC Físicas) y Cecilia Pérez-Soba (Geológicas), se se ocuparon de supervisar varios de los trabajos temáticos y ayudar en los muestreos en el campo (ver anexos). Además, el prof. Ruiz Martínez facilitó a varios grupos de alumnos el acceso al laboratorio de paleomagnetismo, donde los alumnos realizaron gran parte de las medidas ellos mismos. Los objetivos 5, 6 y 9 se alcanzaron sobradamente con la realización de los trabajos temáticos.

Los objetivos 7 y 8 se materializaron esencialmente con la exposición oral de los trabajos en público durante un día completo (mañana y tarde). La práctica totalidad de los alumnos asistieron a todas las exposiciones, en muchos casos con participación activa en el turno de discusión de cada presentación. Muchos alumnos manifestaron que nunca habían experimentado nada parecido, a pesar de ser estudiantes de tercer curso a los que les quedaba un curso y medio para graduarse.

### **3. Metodología empleada en el proyecto**

(1) Primera excursión al campo de la asignatura “Petrología Sedimentaria”: recogida de muestras de rocas y toma de datos por grupos.

(2) Análisis clastométrico de las muestras, previo disgregado y control de calidad por parte del profesorado. Análisis estadístico de los datos con métodos gráficos y excel. Estos trabajos se realizaron por parejas. Control de calidad por parte del profesor y publicación de los datos en el campus virtual.

(3) Confección de láminas delgadas de las muestras previa impregnación (supervisión: Marián Barajas). Corte de bloques para medidas de porosidad.

(4) Análisis modal digital en las láminas delgadas, usando PCs (aula móvil) y laboratorio de microscopios. Medida de la porosidad por los propios alumnos. Tras control de calidad, los datos se pusieron a disposición de todos en el campus virtual.

(5) Segunda excursión, con participación de V. Carlos Ruíz (Facultad de CC Físicas UCM), en la que tomamos testigos paleomagnéticos con perforadora portátil (ver anexos). A pesar de la importancia del paleomagnetismo en Geología, la mayoría de los estudiantes de grado en geología apenas conoce sus fundamentos. Pretendemos cubrir esta laguna de forma práctica, resolviendo problemas concretos en las rocas estudiadas (paleolatitud a partir de la paleo-inclinación magnética, mineralogía de óxidos, etc.).

(6) Asignación a cada pareja de estudiantes de una investigación sobre un aspecto de las rocas recogidas, incluyendo pautas y literatura básica en inglés. Para aumentar la motivación, los alumnos participaron activamente en la elección del tema, dando la oportunidad de priorizar. Los trabajos necesitaron manejar los datos comunes disponibles para todos (en el campus virtual). El trabajo se realizó durante el primer semestre, paralelamente al resto de actividades, y culminó con su exposición pública en una sesión de un día completo. Las exposiciones se valoraron por su originalidad, claridad de conceptos y por el grado de discusión con el resto de la clase.

(7) En las excursiones de la asignatura "Petrología Ígnea", 2 grupos de alumnos recogieron muestras de rocas graníticas y metamórficas (supervisión: Cecilia Pérez-Soba) y confeccionaron después láminas delgadas (supervisión: Marián Barajas). El objetivo fue evaluar el papel de estas rocas en la procedencia de las rocas muestreadas y estudiadas en la asignatura Petrología Sedimentaria.

(8) Medidas específicas de laboratorio realizadas por los estudiantes: direcciones y anisotropía de la susceptibilidad magnéticas; difracción de Rayos X; separación mineral con separador magnético y líquidos densos; permeabilidad y densidad de sólidos con picnometría; análisis de imagen en láminas delgadas y del color usando tablas Munsel, entre otros. Los datos generados sirvieron no sólo para los respectivos trabajos temáticos, sino también para otros grupos a los que se indicó expresamente con quién necesitaban coordinarse.

(9) Aplicación del software profesional Bmod para la modelización de la historia térmica y de enterramiento, usando los datos generados por los propios alumnos.

(10) Presentaciones orales estructuradas en tres partes: introducción sobre el estado de la cuestión y sus los fundamentos teóricos, análisis de los datos, propios y comunes, y turno de preguntas.

#### **4. Recursos humanos**

Carlos Rossi, profesor titular, Dpto. Petrología y Geoquímica, Facultad de Geología

Vicente Carlos Ruíz Martínez, profesor titular, Facultad de Física

Cecilia Pérez-Soba Aguilar, profesora contratada doctora, Dpto. Petrología y Geoquímica, Facultad de Geología

Marian Barajas, Técnica especialista de Laboratorio, Dpto. Petrología y Geoquímica, Facultad de Geología

Iván Serrano Muñoz, Técnico de Laboratorio (difracción Rayos X), IGEO, centro mixto UCM-CSIC

Raúl Pradana, estudiante de 4º curso, grado en Geología

#### **5. Desarrollo de las actividades**

En la primera excursión al campo (5 de octubre de 2016), cada pareja de alumnos recogió una muestra de roca siguiendo indicaciones precisas y levantó una columna litológica detallada del afloramiento correspondiente. Al final del día, los estudiantes rellenaron un estadillo común con los datos descriptivos básicos (de campo) de cada muestra. Esta tabla se publicó posteriormente en el campus virtual.

Una vez en el laboratorio, las muestras se cortaron con una cortadora de diamante en varias porciones. Una de las porciones se destinó para análisis clastométrico, previo disgregado por parte de los alumnos y control de calidad por parte del profesorado. Cada pareja tamizó su muestra y analizó estadísticamente los datos con métodos gráficos y con excel (cálculo de tamaño medio, varianza, selección, sesgo y kurtosis). Una vez entregados y corregidos, los resultados se publicaron en el campus virtual.

Otra de las porciones de cada muestra se empleó para la confección de láminas delgadas por los propios alumnos, previa impregnación de los bloques de roca correspondientes con resina epoxy teñida de azul usando cámara de vacío y de presión. Las láminas se sometieron a tinciones selectivas, y se usaron en horario de prácticas para realizar análisis modal digital, usando PCs (aula móvil) y el laboratorio de microscopios del Dpto de Petrología. Una porción adicional de cada muestra se usó para la medida de la porosidad total por los propios alumnos, a partir de la medida de las densidades global y de sólidos. Tras el correspondiente control de calidad por el profesor, los datos se pusieron a disposición de todos en el campus virtual.

En una segunda excursión, que contó con la participación de V. Carlos Ruíz (Facultad de CC Físicas UCM), tomamos testigos paleomagnéticos con perforadora portátil. Los estudiantes ayudaron a perforar las muestras (con gran entusiasmo) y a orientarlas in situ (ver anexos).

Hacia la mitad del cuatrimestre, se asignó a cada pareja de estudiantes una investigación sobre un aspecto concreto de las rocas recogidas, incluyendo pautas y literatura básica en inglés. Para aumentar la motivación, los alumnos participaron activamente en la elección del tema, dando la oportunidad de priorizar. Los trabajos necesitaron manejar los datos comunes disponibles para todos (campus virtual). El trabajo se realizó durante el primer semestre, paralelamente al resto de actividades, y culminó con su exposición pública en una sesión de un día completo. Las exposiciones se valoraron por su originalidad, claridad de conceptos y por el grado de discusión con el resto de la clase.

En las excursiones de la asignatura "Petrología Ígnea", 2 grupos de alumnos recogieron muestras de rocas graníticas y metamórficas (supervisión: Cecilia Pérez-Soba) y confeccionaron después láminas delgadas (supervisión: Marián Barajas). El objetivo fue evaluar el papel de estas rocas en la procedencia de las rocas estudiadas en la asignatura Petrología Sedimentaria.

Una vez asignados los trabajos específicos, los estudiantes correspondientes realizaron diversas medidas específicas en el laboratorio, concretamente: medidas de la remanencia paleomagnética por dos métodos (campos alternos decrecientes y térmico) y medidas de la anisotropía de la susceptibilidad magnéticas (laboratorio de paleomagnetismo, Facultad de Física); separación mineral con separador magnético y líquidos densos; difracción de Rayos X por el método del polvo (Laboratorio IGEO); permeabilidad y densidad de sólidos; análisis de imagen en láminas delgadas; análisis del color usando tablas Munsel. Los datos generados sirvieron no sólo para los respectivos trabajos temáticos, sino también para otros grupos a los que se indicó expresamente con quién necesitaban coordinarse.

Hacia el final del cuatrimestre, se aplicó el software profesional Bmod para la modelización de la historia térmica y de enterramiento de las rocas estudiadas, usando los datos generados por los propios alumnos, durante tres jornadas de 2 horas cada una.

Finalmente, cada pareja realizó una presentación oral de su trabajo temático el día 18 de enero de 2017, siguiendo las pautas indicadas. Los datos necesarios para estos trabajos fueron en parte los generados por toda la clase (publicados en campus virtual) y en parte los obtenidos por las parejas en laboratorios específicos.

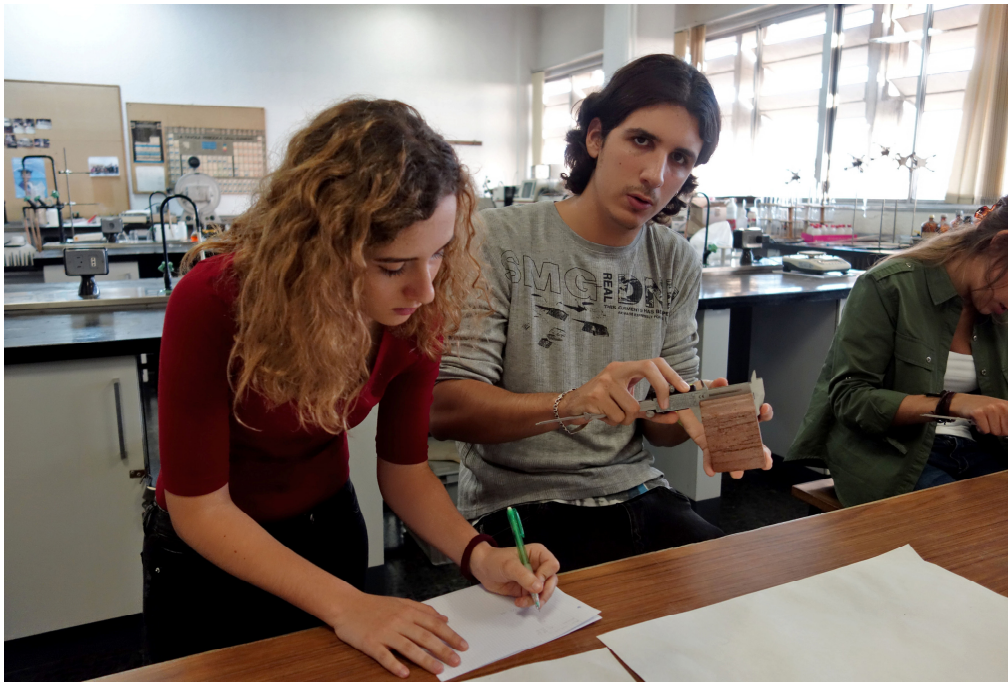


## 6. Anexos

Imágenes ilustrando las diferentes actividades realizadas en el campo y laboratorio:



Muestreos paleomagnéticos con perforadora de corona de diamante y orientación in situ de los testigos (estudiantes: Óscar García Monasterio, Marina Moreno, Sonia García Peña y Beatriz Martínez Molina).



David Ruiz Campos y Alba González Almagro midiendo la porosidad de su muestra.





Óscar García, Mónica Bongeac y María Fuillerat preparando sus láminas delgadas.

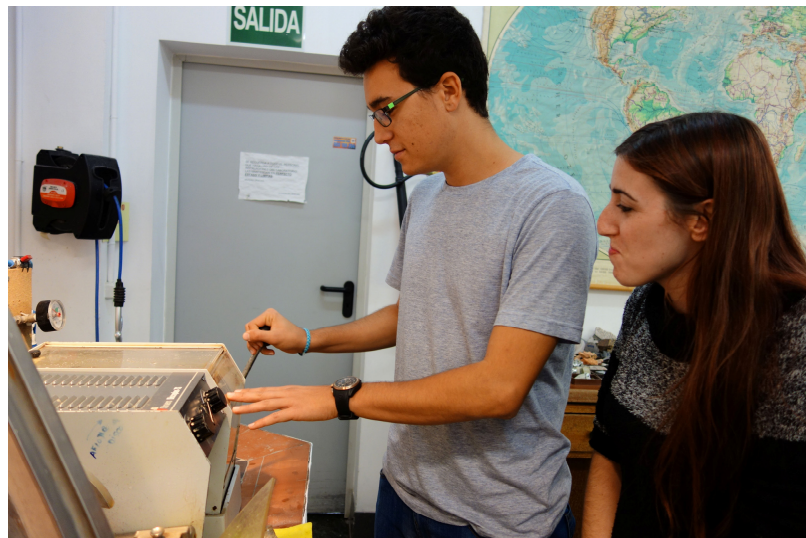


Marina Moreno y Ronny Anagonó cortando sus láminas delgadas con una cortadora de diamante, supervisados por Marian Barajas.





Lara de la Orden comprobando el pulido durante la preparación de su lámina delgada.



Judit Corbalan García Gabriel Girela Arjona Miriam Martínez García rectificando el espesor de su lámina delgada.



Judit Corbalan García midiendo el color de su muestra con ayuda de tablas Munsel.